

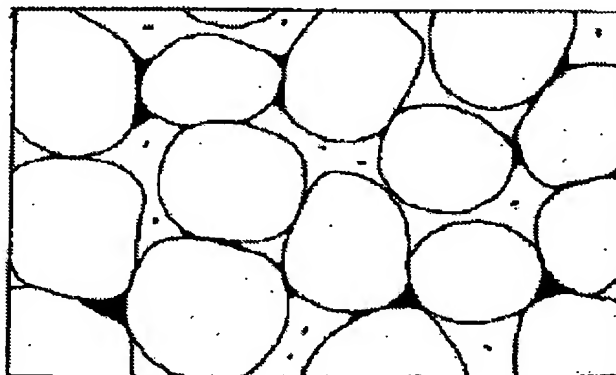
# PORCELAIN COMPOSITION FOR HIGH-FREQUENCY USE, PORCELAIN FOR HIGH-FREQUENCY USE AND METHOD FOR PRODUCING PORCELAIN FOR HIGH-FREQUENCY USE

Patent number: JP2001240470  
Publication date: 2001-09-04  
Inventor: TERASHI YOSHITAKE  
Applicant: KYOCERA CORP  
Classification:  
- international: C04B35/495; C04B35/111; C04B35/195; C04B35/16;  
C04B35/18; C04B35/44; C04B35/46; H01B3/02;  
H01L23/02; H01L23/08; H01L23/15; H05K1/03  
- european:  
Application number: JP20000054009 20000229  
Priority number(s): JP20000054009 20000229

Report a data error here

## Abstract of JP2001240470

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a porcelain composition for insulating layer of circuit board for high-frequency use capable of lowering dielectric loss in high-frequency region and to provide a method for producing the same capable of firing at 800 to 1050 deg.C. **SOLUTION:** This porcelain composition comprises 30 to 99 wt.% of crystallized glass containing at least SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and MO (M: an alkaline earth metal element), where content of Pb converted as PbO is 10 wt.% or less, and 1 to 70 wt.% of at least one filler having average diameter of primary particles of 3  $\mu$ m or larger and selected from the group consisting of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgTiO<sub>3</sub>, (Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, cordierite, mullite, enstatite, willemite, CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, (Sr, Ca) Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> and forsterite. The porcelain having dielectric loss at 60 to 77 GHz of  $50 \times 10^{-4}$  or less is obtained by forming the above mixture into an article followed by firing at the temperature of 800 to 1050 deg.C.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-240470

(P2001-240470A)

(43)公開日 平成13年9月4日(2001.9.4)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード(参考)
C 0 4 B	35/495	C 0 4 B 35/44	4 G 0 3 0
	35/111	35/46	Z 4 G 0 3 1
	35/195	H 0 1 B 3/02	A 5 G 3 0 3
	35/16	H 0 1 L 23/02	H
	35/18	23/08	C
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2000-54009(P2000-54009)

(22)出願日 平成12年2月29日(2000.2.29)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72)発明者 寺師 吉健

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

最終頁に続く

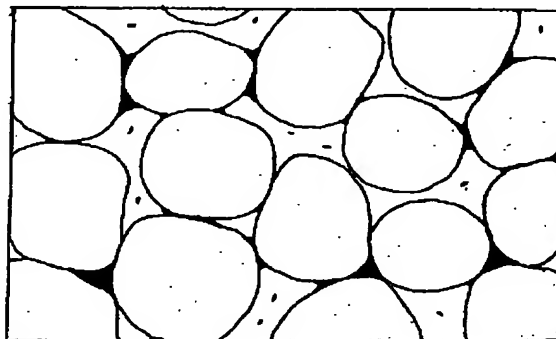
(54)【発明の名称】 高周波用磁器組成物および高周波用磁器並びに高周波用磁器の製造方法

(57)【要約】

【課題】800~1050℃にて焼成可能で、高周波領域において低誘電損失化が可能な高周波用配線基板の絶縁層用の磁器組成物とその製造方法を提供する。

【解決手段】少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO

(M:アルカリ土類金属元素)とを含み、かつPbの含有量がPbO換算で10重量%以下の結晶化ガラス30~99重量%と、フィラーとして平均一次粒子径3μm以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、(Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コージェライト、ムライト、エンスタライト、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1~70重量%との割合で含有する混合物を成形後、800~1050℃で焼成し、60~77GHzでの誘電損失50×10<sup>-4</sup>以下の磁器を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{MO}$

( $\text{M}$ : アルカリ土類金属元素) とを含み、かつ  $\text{Pb}$  の含有量が  $\text{PbO}$  換算で 10 重量% 以下の結晶化ガラス 30 ~ 99 重量% と、平均一次粒子径  $3\mu\text{m}$  以上の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、( $\text{Mg}$ 、 $\text{Zn}$ )  $\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種のフィラーを 1 ~ 70 重量% との割合で含有することを特徴とする高周波用磁器組成物。

【請求項 2】 焼成により前記ガラスが、ディオプサイド型結晶相、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種を析出できることを特徴とする請求項 1 記載の高周波用磁器組成物。

【請求項 3】 前記ガラスの軟化点が  $700 \sim 850^\circ\text{C}$  であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の高周波用磁器組成物。

【請求項 4】 前記フィラーの平均二次粒子径が  $5\mu\text{m}$  を越えることを特徴とする請求項 1 記載の高周波用磁器組成物。

【請求項 5】 前記フィラーの平均二次粒子径が、前記フィラーの平均一次粒子径と同じであることを特徴とする請求項 1 または 4 記載の高周波用磁器組成物。

【請求項 6】 少なくとも  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{MO}$

( $\text{M}$ : アルカリ土類金属元素) とを含み、 $\text{Pb}$  の含有量が  $\text{PbO}$  換算で 10 重量% 以下の結晶マトリックス中に、平均結晶径  $2.5\mu\text{m}$  以上の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、( $\text{Mg}$ 、 $\text{Zn}$ )  $\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種のセラミック粒子が分散してなるとともに、 $60 \sim 77\text{GHz}$  での誘電損失が  $5.0 \times 10^{-4}$  以下であることを特徴とする高周波用磁器。

【請求項 7】 前記ガラスから析出した結晶相が、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 6 記載の高周波用磁器。

【請求項 8】 前記非晶質ガラス相の含有量が 10 重量% 以下であり、且つ前記非晶質ガラス相が少なくとも  $\text{Si}$  を酸化物 ( $\text{SiO}_2$ ) 換算で 40 重量% 以上含有するこ

とを特徴とする請求項 6 または 7 記載の高周波用磁器。

【請求項 9】 室温から  $400^\circ\text{C}$  における熱膨張係数が  $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$  以上、磁器強度  $200\text{MPa}$  以上であることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか記載の高周波用磁器。

【請求項 10】 熱伝導率が  $2\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$  以上であることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか記載の高周波用磁器。

【請求項 11】 少なくとも  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{MO}$

( $\text{M}$ : アルカリ土類金属元素) とを含み、かつ  $\text{Pb}$  の含有量が  $\text{PbO}$  換算で 10 重量% 以下の結晶化ガラス 30 ~ 99 重量% と、平均一次粒子径  $3\mu\text{m}$  以上の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、( $\text{Mg}$ 、 $\text{Zn}$ )  $\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種のフィラーを 1 ~ 70 重量% とからなる混合物を成形後、 $800 \sim 1050^\circ\text{C}$  で 30 分以上焼成することを特徴とする高周波用磁器の製造方法。

【請求項 12】 前記焼成により前記ガラスが、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、( $\text{Sr}$ 、 $\text{Ca}$ )  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも 1 種を析出することを特徴とする請求項 11 記載の高周波用磁器の製造方法。

【請求項 13】 前記ガラスの軟化点が  $700 \sim 850^\circ\text{C}$  であることを特徴とする請求項 11 記載の高周波用磁器の製造方法。

【請求項 14】 前記フィラーの平均二次粒子径が  $5\mu\text{m}$  を越えることを特徴とする請求項 11 または 13 記載の高周波用磁器の製造方法。

【請求項 15】 前記フィラーの平均二次粒子径が、前記フィラーの平均一次粒子径と同じであることを特徴とする請求項 11 乃至 14 のいずれか記載の高周波用磁器の製造方法。

【請求項 16】 絶縁基板の表面および/または内部に、メタライズ配線層が配設された配線基板において、前記絶縁基板が請求項 5 乃至 9 のいずれか記載の高周波用磁器からなることを特徴とする配線基板。

【請求項 17】 前記メタライズ配線層が、 $\text{Cu}$  または  $\text{Ag}$  を主成分とすることを特徴とする請求項 16 記載の配線基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体素子収納用パッケージや多層配線基板等の配線基板の絶縁基板として好適に使用される高周波用磁器に関するものであり、

特に、銅や銀と同時焼成が可能な高周波用磁器組成物および高周波用磁器並びに高周波用磁器の製造方法に関するものである。

#### 【0002】

【従来技術】従来、セラミック多層配線基板としては、アルミナ質焼結体からなる絶縁基板の表面または内部にタングステンやモリブデンなどの高融点金属からなる配線層が形成されたものが最も普及している。

【0003】また、最近に至り、高度情報化時代を迎え、使用される周波数帯域はますます高周波化に移行しつつある。このような、高周波の信号の伝送を必要とする高周波配線基板においては、高周波信号を損失なく伝送する上で、配線層を形成する導体の抵抗が小さいこと、また絶縁基板の高周波領域での誘電損失が小さいことが要求される。

【0004】ところが、従来のタングステン(W)や、モリブデン(Mo)などの高融点金属は導体抵抗が大きく、信号の伝搬速度が遅く、また、1GHz以上の高周波領域の信号伝搬も困難であることから、W、Moなどの金属に代えて銅、銀、金などの低抵抗金属を使用することが必要となっている。

【0005】このような低抵抗金属からなる配線層は、融点が低く、アルミナと同時焼成することが不可能であるため、最近では、ガラス、またはガラスとセラミックスとの複合材料からなる、いわゆるガラスセラミックスを絶縁基板として用いた配線基板が開発されつつある。

【0006】例えば、特開平2-212363号公報では、平均二次粒子径(中心粒径)が3.1~8.9 $\mu\text{m}$ のAlN粉末に、平均二次粒子径(中心粒径)1.5~16 $\mu\text{m}$ のホウケイ酸ガラス粉末を添加し、成形、焼成した磁器が記載されており、AlN粉末の平均二次粒子径とガラス粉末との平均二次粒子径とを所定の範囲に制御することにより、成形体の密度を向上させ、磁器の熱伝導率を向上できることが記載されている。

【0007】また、特開平4-349166号公報では、平均二次粒子径1~7 $\mu\text{m}$ のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末に対して、SiO<sub>2</sub>粉末を10~20重量%と、PbO粉末を20~30重量%との比率で添加、混合して、成形後、960℃で15分間焼成することが記載され、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末の平均二次粒子径を2.5~6 $\mu\text{m}$ とすることによって、高熱伝導率で高強度な磁器を得ることが記載されている。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平2-212363号公報のフィラーとしてAlN粉末とガラス粉末とを混合し、焼成した磁器では、AlN粉末とガラス粉末とが反応して磁器中に微細な気孔が生成し誘電損失が増大したり、また、AlNの誘電損失は周波数依存性を有し、使用帯域によっては誘電損失が高くなる結果、磁器自体の誘電損失が増大して高周波信号の伝

送損失が大きく、伝送特性が悪くなる場合があるという問題があった。

【0009】また、特開平4-349166号公報の平均二次粒子径1~7 $\mu\text{m}$ のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末に、多量のPbO粉末を添加した磁器では、熱伝導率と機械的強度とを向上させることはできるが、Pbの含有量が多いために高周波帯での誘電損失は高く、例えば、GHz帯等の高周波帯で用いられる配線基板の絶縁基板としての用途には適応できないものであった。

【0010】従って、本発明は、金、銀、銅を配線導体として多層化が可能な800~1050℃での焼成が可能であるとともに、高周波領域においても低誘電損失な磁器およびその製造方法並びにそれを作製可能な高周波用磁器組成物を提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記課題を鋭意検討した結果、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO(M:アルカリ土類金属元素)とを含み、かつPbの含有量が少ない結晶化ガラスに対して、フィラーとして平均一次粒子径が5 $\mu\text{m}$ 以上と大きい、特に該フィラーの平均二次粒子径が、5 $\mu\text{m}$ を越えるか、また前記フィラーの平均一次粒子径と同じ特定のセラミックフィラーを所定量添加し、成形して800~1050℃で30分以上焼成することによって、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO(M:アルカリ土類金属元素)とを含み、Pbの含有量の少ないガラスから析出した結晶マトリックス中に、平均結晶径2.5 $\mu\text{m}$ 以上と大きい上記セラミック粒子が分散してなるとともに、非晶質ガラス相の含有量が10重量%以下に低減した磁器を作製することができ、高周波帯での誘電損失を、例えば60~77GHzにおいて $50 \times 10^{-4}$ 以下に低減できることを知見し、本発明に至った。

【0012】即ち、本発明の高周波用磁器組成物は、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO(M:アルカリ土類金属元素)とを含み、かつPbの含有量がPbO換算で10重量%以下の結晶化ガラス30~99重量%と、平均一次粒子径3 $\mu\text{m}$ 以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、(Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コーゼライト、ムライト、エンスタタイト、ディオプサイド、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1~70重量%との割合で含有することを特徴とするものである。

【0013】ここで、焼成により前記ガラスが、ディオプサイド型結晶相、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コーゼライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種を析出できることが望ましく、前記

ガラスの軟化点が700～850℃であることが望ましい。

【0014】また、前記フィラーの平均二次粒子径が5 $\mu\text{m}$ を越えること、または前記フィラーの平均二次粒子径が、前記フィラーの平均一次粒子径と同じであることが望ましい。

【0015】また、本発明の高周波用磁器は、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO（M：アルカリ土類金属元素）とを含み、Pbの含有量がPbO換算で10重量%以下の結晶マトリックス中に、平均結晶径2.5 $\mu\text{m}$ 以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、(Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のセラミック粒子が分散してなるとともに、60～77GHzでの誘電損失が $5.0 \times 10^{-4}$ 以下であることを特徴とするものである。

【0016】ここで、前記ガラスから析出した結晶相が、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

【0017】また、前記非晶質ガラス相の含有量が10重量%以下であり、且つ前記非晶質ガラス相が少なくともSiを酸化物(SiO<sub>2</sub>)換算で70重量%以上含有することが望ましく、室温から400℃における熱膨張係数が5ppm/℃以上、磁器強度200MPa以上であること、熱伝導率が2W/m・K以上であることが望ましい。

【0018】また、本発明の高周波用磁器の製造方法は、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO（M：アルカリ土類金属元素）とを含み、かつPbの含有量がPbO換算で10重量%以下の結晶化ガラス30～99重量%と、平均一次粒子径3 $\mu\text{m}$ 以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、(Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ディオプサイド、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1～70重量%とからなる混合物を成形後、800～1050℃で30分以上焼成することを特徴とするものである。

【0019】さらに、本発明の配線基板は、上述した高周波用磁器を絶縁基板として、該絶縁基板の表面および／または内部に、メタライズ配線層が配設してなることを特徴とするものである。

【0020】また、上記配線基板において、前記メタラ

イズ配線層は、CuまたはAgを主成分とする場合に特に有効である。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の高周波用磁器組成物は、少なくともSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とMO（M：アルカリ土類金属元素）とを含み、かつPbの含有量がPbO換算で10重量%以下の結晶化ガラス30～99重量%と、平均一次粒子径3 $\mu\text{m}$ 以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、(Mg, Zn)TiO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、(Sr, Ca)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1～70重量%との割合で含有するものである。

【0022】各成分組成を上記の範囲に限定したのは、上記ガラスが30重量%よりも少ないと、1050℃以下の温度での焼成により磁器を緻密化させることが困難であり、99重量%よりも多いと、磁器中の結晶化度が低下し、誘電損失が増大するためである。

【0023】なお、ガラスの特に望ましい範囲は、45～95重量%、特に45～80重量%、さらに50～65重量%である。

【0024】また、前記ガラスがAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>とMO（M：アルカリ土類元素）とを必須として含有するのは、ガラスの誘電損失を低減することが可能であるとともに、磁器の強度を高めることができるためであり、各成分の望ましい範囲は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が2.5～40重量%、SiO<sub>2</sub>が35～60重量%、MO（M：アルカリ土類元素）が総量で5～55重量%との比率からなることが望ましい。なお、上記アルカリ土類元素としては、Mg、Ca、SrおよびBaの群から選ばれる少なくとも1種を指す。

【0025】また、ガラス中のPbの含有量がPbO換算で10重量%、特に5重量%、さらに1重量%を越えると、ガラスの軟化点が低下して低温での緻密化を促進できるものの、磁器の高周波帯での誘電損失が増大するために、本発明によれば、上記ガラス中のPbの含有量はPbO換算で10重量%以下であることが重要である。

【0026】さらに、ガラス中にZnO、TiO<sub>2</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の他の成分を総量で20重量%以下の割合で含有してもよいが、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量は誘電損失の低減の点から、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>換算量で7重量%以下、特に3重量%以下であることが望ましく、また、PbO、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>以外にも高周波帯での誘電損失を増大させるLi、Na、Kなどのアルカリ金属元素、ZrO<sub>2</sub>、Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、NiO成分はガラスに対して、酸化物換算による総量で3%以下であることが望ましい。

【0027】なお、上記ガラスから析出可能な結晶相と

しては、 $\text{SiO}_2$ 結晶相、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 等のスピネル型結晶相、 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ 等のディオブサイド型結晶相、 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_7$  (akermanite)、 $\text{CaMgSiO}_4$  (monticellite)、 $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$  (merwinite)、 $\text{MgSiO}_3$ 、 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 、 $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (スラウソナイト)、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (アノーサイト)、 $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (セルリアン)、 $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{SiO}_3$ 、 $\text{SrSiO}_3$ 等が好適に使用できるが、中でも低誘電損失化、高強度化の点では、ディオブサイド型結晶相、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライト、特に、ディオブサイド型結晶相を含有することが望ましい。

【0028】また、ガーナイト、 $\text{TiO}_2$ 、 $(\text{Zn}, \text{Mg})\text{TiO}_3$ 、 $(\text{Zn}, \text{Mg})_2\text{TiO}_4$ 、 $n\text{ZnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ 等の結晶相が特に副結晶相として析出してもよい。

【0029】さらに、上記ディオブサイド型結晶相を析出可能なガラスの組成は、上記のガラスからのディオブサイド型結晶相の析出割合を高める上では、ガラス中における $\text{CaO}$ と $\text{MgO}$ の合計量が35~50重量%であることが望ましく、さらには $\text{SiO}_2$ 30~55重量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 4.5~15重量%、 $\text{MgO}$ 16~35重量%、 $\text{CaO}$ 24~40重量%の割合であることが望ましい。

【0030】また、上記ディオブサイド型結晶相を析出可能なガラス中には磁器の低温焼成化を促進するために $\text{SrO}$ を含有することが望ましく、この場合、ガラスの組成としては、 $\text{SiO}_2$ 30~55重量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 4~15重量%、 $\text{MgO}$ 14~30重量%、 $\text{CaO}$ 5~20重量%、 $\text{SrO}$ 10~25重量%の割合であることが望ましい。

【0031】上記ディオブサイド型酸化物結晶相は、約8~9ppm/°Cの高熱膨張特性を有するとともに、ヤング率が150GPa程度と高く高強度化が可能なガラスであることから、上記組成のガラスよりディオブサイド型酸化物結晶相を析出させることにより、磁器の熱膨張係数を例えば $5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以上に高めるとともに、磁器強度を例えば250MPa以上に高めることができる。

【0032】また、磁器の熱膨張係数を高めるためには $\text{SiO}_2$ 結晶相、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、ディオブサイド型結晶相、エンスタタイト、フォルステライト等を析出させることが望ましい。

【0033】さらに、磁器中に誘電損失の大きな非晶質ガラス相が多量に残存すると磁器の誘電損失が増大するため、前記ガラスは、焼成後の磁器中における結晶化度

が90%以上、特に95%以上と高いことが望ましい。なお、ガラスの結晶化度は熱処理後のガラスのX線回折ピークを用いてリートベルト法により非晶質ガラス相の比率を算出することによって求められる。

【0034】また、ガラスの軟化点が低下すると低温での緻密化が促進されるが、脱バインダ特性が悪化し、磁器中に多量の気孔や残留炭素が残存して変色、絶縁特性、誘電損失、磁器強度の低下等を引き起こす。特に、Cuメタライズとの同時焼成を行う場合、Cuの酸化を抑制するために非酸化性雰囲気中にて焼成する必要があるために脱バインダ特性はさらに低下する点で、上記ガラスの軟化点は、(Pbガラスより高く)700~850°C、特に800~830°Cであることが望ましい。

【0035】一方、前記フィラーとしては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $(\text{Mg}, \text{Zn})\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1~70重量%の割合で含有せしめることが望ましく、中でも低誘電損失化、高強度化の点で、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、エンスタタイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、さらに熱伝導率の点で $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含有することが望ましい。

【0036】また、前記フィラーの含有量が1重量%より少ないと、磁器中のガラスの結晶化度が低下して磁器の誘電損失が増大してしまい、また、磁器強度が低下し、逆に70重量%を越えると、難焼結性となり1050°C以下の焼成温度で緻密化することができない。少なくともフィラーの望ましい範囲は、5重量%以上、特に15重量%以上、さらに25重量%以上、さらには40重量%以上であり、また、65重量%以下、特に60重量%以下、さらに55重量%以下、さらには50重量%以下である。

【0037】本発明によれば、具体的には前記フィラーの平均一次粒子径、すなわち原料粉末の平均結晶粒径、すなわち前記フィラーのSEM写真からインターセプト法等の公知の画像解析法によって測定できるフィラーの平均結晶粒径が3 $\mu\text{m}$ 以上、望ましくは5 $\mu\text{m}$ 以上、特に5.5 $\mu\text{m}$ 以上、さらに7.5 $\mu\text{m}$ 以上、また8.5 $\mu\text{m}$ 以上、さらには10 $\mu\text{m}$ 以上と大きいことが大きな特徴であり、これによって磁器の誘電損失を低めることが可能であるとともに、磁器が緻密化するための焼成温度を低める、すなわち1050°C以下の温度で焼成できる磁器のフィラー量を増加させて、高強度化、高熱伝導化を促進することもできる。

【0038】なお、前記フィラーは球状、針状、板状、不定形等の粉末状で存在するが、本発明における平均一次粒子径とは粉末の単結晶粒子の平均径を意味する。一

般にセラミック粉末の平均二次粒子径とは沈降法等により測定されるいわゆる平均粒径を指すが、普通、セラミック粉末は図1(b)の模式図に示すように凝集等が生じて一次粒子の結晶粒子径、すなわち平均一次粒子径が、二次粒子の平均粒径よりも小さくなる。

【0039】本発明によれば、前記平均一次粒径が $3\mu\text{m}$ 以上と大きいことが重要であるが、磁器の緻密化を促進するためには、前記平均一次粒子径が前記平均二次粒子径に近似することが望ましく、一般的な凝集がある原料については、二次粒子径が $5\mu\text{m}$ を超えることが望ましい。

【0040】また、磁器の低温での緻密化、磁器中のフィラーの分散性を高め、磁器強度、熱伝導率等の特性を高めるために、前記平均一次粒子径が前記平均二次粒子径と同じ、すなわち、図1(a)に示すセラミック粉末のように前記二次粒子が単結晶粒子からなることが望ましい。なお、ガラス粉末の平均二次粒子径は、 $0.5\sim 4\mu\text{m}$ 、特に $1\sim 2.5\mu\text{m}$ であることが望ましい。

【0041】さらに、上記粒径の大きいフィラーとともに、磁器の緻密化を促進し、磁器強度を向上させるために、前記粒子径の大きいフィラーの平均粒子径に対して、平均一次粒径が $1/5$ 以下の微粒子を添加してもよいが、この場合には、フィラーの一次粒径分布が、図3に示すように、2つのピークを有することが望ましい。なお、この場合においても、フィラー全体の平均一次粒径は、誘電損失の低減の点で $3\mu\text{m}$ 以上となることが重要である。

【0042】上記の態様の磁器組成物は、 $800\sim 1050^\circ\text{C}$ の温度範囲での焼成によって相対密度95%以上、特に97%以上、さらに99%以上まで緻密化することができる。

【0043】上記焼成により得られた磁器の構成は、図2の模式図に示すように、少なくとも $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ と $\text{MO}$ （M：アルカリ土類金属元素）とを含み、Pbの含有量がPbO換算で10重量%以下のガラスから析出した結晶マトリックス中に、平均二次粒子径 $2.5\mu\text{m}$ 以上の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $(\text{Mg}, \text{Zn})\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のセラミック粒子が分散した磁器となる。

【0044】なお、前記非晶質ガラス相については、低誘電損失化の点で、非晶質ガラス相の含有量が10重量%以下であること、また、該非晶質ガラス相中には、少なくともSiを酸化物( $\text{SiO}_2$ )換算で40重量%以上含有することが望ましい。

【0045】また、上記少なくとも $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ と $\text{MO}$ （M：アルカリ土類金属元素）とを含むガラスか

ら析出した結晶の平均一次粒子径は、磁器の誘電損失を低め、熱伝導率を向上させる点で $3\sim 20\mu\text{m}$ 、特に $4\sim 12\mu\text{m}$ であることが望ましい。

【0046】さらに、上記セラミック粒子の平均一次粒子径は、製造工程において前述のフィラーの平均一次粒子径よりも小さくなる傾向にあるが、本発明によれば、上記磁器中の前記フィラーから析出したセラミック粒子の平均結晶径が $2.5\mu\text{m}$ 以上、望ましくは $3.0\mu\text{m}$ 以上、特に $4.5\mu\text{m}$ 以上、さらに $6\mu\text{m}$ 以上、また $8\mu\text{m}$ 以上、さらには $10\mu\text{m}$ 以上となる。

【0047】また、磁器全体の組成として、例えばディオブサイド型結晶相析出可能なガラスに $\text{Al}_2\text{O}_3$ を添加した磁器の場合、Si、Al、MgおよびCaの各金属元素の酸化物換算による含量を100重量%とした時、 $\text{SiO}_2$ を15~47.6重量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を32.4~65重量%、MgOを8~35重量%、 $\text{CaO}$ 12~40重量%であるか、またはSi、Al、Mg、CaおよびSrの各金属元素の酸化物換算による含量を100重量%とした時、 $\text{SiO}_2$ を15~49.6重量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を32.4~65重量%、MgOを8~35重量%、 $\text{CaO}$ 2.5~20重量%、 $\text{SrO}$ 7.5~25重量%の割合から構成されることが望ましい。

【0048】なお、上記磁器は、望ましくは1GHz以上、特に20GHz以上、さらには50GHz以上、またさらには70GHz以上の高周波用配線基板の絶縁層を形成するのに好適な磁器である。

【0049】ここで、磁器の室温から $400^\circ\text{C}$ における熱膨張係数は、 $5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以上、特に $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以上、さらに $8\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以上、さらには $10\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以上であることが望ましいが、実装するチップ部品等やプリント基板等の熱膨張係数に近似するように適宜調整することが望ましい。これは、上記の磁器の熱膨張係数が実装されるチップ部品等やプリント基板のそれと差がある場合、半田実装時や半導体素子の作動停止による繰り返し温度サイクルによって、チップ部品等やプリント基板とパッケージとの実装部に熱膨張差に起因する応力が発生し、実装部にクラック等が発生し、実装構造の信頼性を損ねてしまうためである。

【0050】具体的には、GaAs系のチップ部品との整合を図る上ではGaAs系のチップ部品との熱膨張係数の差が $2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であり、一方、プリント基板との整合を図る上ではプリント基板との熱膨張係数の差が $2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であることが望ましい。

【0051】また、磁器強度が200MPa以上、特に250MPa以上、さらに300MPa以上と高いために、半導体素子等の電子部品の実装時、または入出力端子部に施すリード接続時に磁器にかかる応力による破損等を防止することができる。

【0052】さらに、磁器の熱伝導率が $2\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、特に $3\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、さらに $4\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上と



高く、配線基板、またはこれに実装される半導体素子等の電子部品から発生した熱を効率よく放熱して電子部品の温度上昇による誤作動を防止することができる。

【0053】次に、本発明における高周波用磁器組成物を用い磁器を製造する方法について説明する。

【0054】まず、出発原料として、少なくとも $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ と $\text{MO}$ （ $\text{M}$ ：アルカリ土類金属元素）とを含み、かつ $\text{Pb}$ の含有量が $\text{PbO}$ 換算で10重量%以下の結晶化ガラス30～99重量%と、フィラーとして平均一次粒子径 $3\mu\text{m}$ 以上の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $(\text{Mg}, \text{Zn})\text{TiO}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 、コージェライト、ムライト、エンスタタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォルステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーを1～70重量%との割合で秤量混合する。

【0055】ここで、上述したように、フィラー原料の一次粒子径と二次粒子径とが同じ、すなわち二次粒子が単結晶粒子となる原料粉末を作製するためには、噴霧熱分解法、水熱合成法等を用いればよい。

【0056】また、上記混合に際しては、フィラーの原料結晶粒子径を維持するために、上記粉末に対して、溶剤を、さらに、所望により、有機バインダ、可塑剤、分散剤とを添加した後に混合する、いわゆる湿式混合を行うことが望ましい。

【0057】そして、この混合粉末を用いてドクターブレード法やカレンダーロール法、あるいは圧延法、プレス成形法の周知の成型法により所定形状の成形体を作製した後、該成形体を $800\sim 1050^\circ\text{C}$ の酸性雰囲気または不活性雰囲気中で30分以上焼成することにより高周波用磁器を作製することができる。

【0058】ここで、焼成温度を上記範囲に限定した理由は、焼成温度が $800^\circ\text{C}$ より低いと、磁器を緻密化できないとともに結晶化度が低く磁器中のガラス相の割合を5体積%以下とすることができず、高周波領域での誘電損失が増大するためであり、逆に $1050^\circ\text{C}$ を越えると、 $\text{Cu}$ や $\text{Ag}$ 等を主成分とする低抵抗金属との同時焼成ができないためである。

【0059】なお、 $1050^\circ\text{C}$ 以下での焼成で磁器を緻密化させるとともに、磁器中のガラスの含有量を30重量%以下とするためには、焼成時の降温速度を、特に $750^\circ\text{C}$ 以上において $1000^\circ\text{C}/\text{時間}$ 以下とすることが望ましい。

【0060】また、配線層を具備する配線基板を作製するには、前記混合粉末に、適当な有機溶剤、溶媒を用い混合してスラリーを調製し、これを従来周知のドクターブレード法やカレンダーロール法、あるいは圧延法、プレス成形法により、シート状に成形する。そして、このシート状成形体に所望によりスルーホールを形成した

後、スルーホール内に、銅、金、銀のうちの少なくとも1種を主成分とする金属ペーストを充填する。そして、シート状成形体表面には、前記金属ペーストまたは上記金属箔を用いてスクリーン印刷法、グラビア印刷法、転写法などによって高周波信号が伝送可能な高周波線路パターン等に配線層の厚みが $5\sim 30\mu\text{m}$ となるように、印刷塗布する。

【0061】その後、複数のシート状成形体を位置合わせして積層圧着し、 $800\sim 1050^\circ\text{C}$ の窒素ガスや窒素-酸素混合ガス等の非酸化性雰囲気中で30分以上焼成することにより、高周波用配線基板を作製することができる。

【0062】そして、この配線基板の表面には、適宜半導体素子等のチップ部品が搭載され配線層と信号の伝達が可能のように接続される。接続方法としては、配線層上に直接搭載させて接続させたり、あるいは樹脂、 $\text{Ag}$ -エポキシ、 $\text{Ag}$ -ガラス、 $\text{Au-Si}$ 等の樹脂、金属、セラミックス等の厚み $50\mu\text{m}$ 程度の接着剤によりチップ部品を絶縁基板表面に固着し、ワイヤーボンディング、TABテープなどにより配線層と半導体素子とを接続させたりする。

【0063】なお、半導体素子としては、 $\text{Si}$ 系や $\text{GaAs}$ 系等のチップ部品が使用できるが、特に熱膨張係数の近似の点で、 $\text{GaAs}$ 系のチップ部品の実装に有効である。

【0064】さらに、半導体素子が搭載された配線基板表面に、絶縁基板と同種の絶縁材料や、その他の絶縁材料、あるいは放熱性が良好な金属等からなり、電磁波遮蔽性を有するキャップをガラス、樹脂、ロウ材等の接着剤により接合してもよく、これにより半導体素子を気密に封止することができる。

【0065】（配線基板の構成）本発明の磁器組成物を好適に使用しうる高周波用配線基板の一例である半導体素子収納用パッケージの具体的な構造とその実装構造について図4をもとに説明する。図4は、半導体収納用パッケージ、特に、接続端子がボール状端子からなるボールグリッドアレイ（BGA）型パッケージの概略断面図である。図4によれば、パッケージAは、絶縁材料からなる絶縁基板1と蓋体2によりキャビティ3が形成されており、そのキャビティ3内には、 $\text{GaAs}$ 等のチップ部品4が前述の接着剤等により実装されている。

【0066】また、絶縁基板1の表面および内部には、チップ部品4と電気的に接続された配線層5が形成されている。この配線層5は、高周波信号の伝送時に導体損失を極力低減するために、銅、銀あるいは金などの低抵抗金属を主成分とすることが望ましい。また、この配線層5に $1\text{GHz}$ 以上の高周波信号を伝送する場合には、高周波信号が損失なく伝送されることが必要となるため、配線層5は周知のストリップ線路、マイクロストリップ線路、コプレーナ線路、誘電体導波管線路のうちの



少なくとも1種から構成される。

【0067】さらに、図4のパッケージAにおいて、絶縁基板1の底面には、接続用電極層6が被着形成されており、パッケージA内の配線層5と接続されている。そして、接続用電極層6には、半田などのろう材7によりボール状端子8が被着形成されている。なお、図4ではボール状端子を用いたものであったが、半田にて直接接続することも可能である。

【0068】また、上記パッケージAを外部回路基板に実装するには、図4に示すように、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などの有機樹脂を含む絶縁材料からなる絶縁基板9の表面に配線導体10が形成された外部回路基板Bに対して、ろう材を介して実装される。具体的には、パッケージAにおける絶縁基板1の底面に取付けられているボール状端子8と、外部回路基板Bの配線導体10とを当接させてPb-Snなどの半田11によりろう付けして実装される。また、ボール状端子8自体を溶融させて配線導体10と接続させてもよい。

【0069】本発明によれば、GaAs等のチップ部品4のろう付けや接着剤により実装したり、このようなボール状端子8を介したろう付けによりプリント基板等の外部回路基板に実装されるような表面実装型パッケージにおいて、GaAs等のチップ部品や外部回路基板の絶縁基板との熱膨張差を従来のセラミック材料よりも小さくすることによって、かかる実装構造に対して、熱サイクルが印加された場合においても実装部での応力の発生を抑制することができる結果、実装構造の長期信頼性を高めることができる。

#### 【0070】

【実施例】下記の組成

ガラスA：SiO<sub>2</sub>50.2重量%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>5.0重量%-MgO16.1重量%-CaO15.1重量%-SrO13.6重量%

ガラスB：SiO<sub>2</sub>50重量%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>5.5重量%-MgO18.5重量%-CaO26重量%

ガラスC：SiO<sub>2</sub>44重量%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>29重量%-MgO11重量%-ZnO7重量%-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>9重量%

ガラスD：SiO<sub>2</sub>12重量%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>23.5重量%-MgO0.5重量%-CaO13重量%-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>23重量%-Li<sub>2</sub>O12.5重量%-Na<sub>2</sub>O15.5重量%

ガラスE：SiO<sub>2</sub>18重量%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>55重量%-

PbO27重量%

からなる平均二次粒子径2μmガラスを準備した。

【0071】そして、上記ガラスに対して、表1~4に示す粉末のSEM写真でのインターセプト法に基づく平均一次粒子径（表中、一次径と記載）、マイクロトラック法に基づく平均二次粒子径（表中、二次径と記載）フィラー（純度99%）を添加し、有機バインダ、可塑剤、トルエンを添加して、20時間湿式混合してスラリーを調製した後、このスラリーを用いてドクターブレード法により厚さ300μmのグリーンシートを作製した。そして、このグリーンシートを10~15枚積層し、50℃の温度で9.8MPaの圧力を加えて熱圧着した。得られた積層体を窒素雰囲気中、700℃で脱バインダ処理を行った後、乾燥窒素中で表1~4の焼成温度で2時間焼成し絶縁基板用磁器を得た。なお、焼成に際しては昇温速度、降温速度を300℃/hとした。

【0072】得られた磁器について誘電率、誘電損失を以下の方法で評価した。測定は形状、直径2~7mm、厚み1.5~2.5mmの形状に切り出し、60GHzにてネットワークアナライザー、シンセサイズドスイーパーを用いて誘電体円柱共振器法により行った。測定では、NRDガイド（非放射性誘電体線路）で、誘電体共振器の励起を行い、TE<sub>021</sub>、TE<sub>031</sub>モードの共振特性より、誘電率、誘電損失を算出した。

【0073】また、室温から400℃における熱膨張曲線を取り、熱膨張係数を算出した。さらに、焼結体中における結晶相をX線回折チャートから同定した。また、レーザーフラッシュ法により、1μm厚みの試料について熱伝導率を測定した。

【0074】また、磁器中のガラス相の比率をリートベルト法により評価した。具体的には、評価する磁器を粉碎した後、内部標準試料としてZnO等を所定の比率で添加し、エタノールを加えて湿式混合した。これを乾燥した後、X線回折測定を行い、ZnOの添加比率と、リートベルト法によって得られるZnOと磁器中の結晶相との比率から磁器中に存在するガラス相の比率を算出し、TEMによりガラス相中のSiの比率を測定してSiO<sub>2</sub>換算での比率を算出した。また、JISR1601に基づいて磁器の4点曲げ強度を測定した。結果は表1~4に示した。

#### 【0075】

【表1】

試料 No.	組成 (重量%)					焼成 温度 (°C)	気孔 率 (%)	平均フィ ラー径 ( $\mu\text{m}$ )	誘電 率	誘電 損失 $\times 10^{-4}$	熱膨張係 数 (ppm /°C)	析出結晶 相 <sup>1)</sup>	ガラス相		熱伝導 率 (W/m· K)	磁器 強度 (MPa)	
	ガラス 量	フィラー	一次 径 <sup>2)</sup>	二次 径 <sup>2)</sup>	量								含有量 (重量%)	SiO <sub>2</sub> (重量%)			
* 1	A	25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	75	1000	15	5.0	7.0	60	7.7	DI>S, F	1	60	2.9	150
2	A	40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	60	950	0.3	5.0	8.5	8	8.4	DI>S, F	1	60	5.5	300
3	A	50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	3.0	50	950	0.3	2.5	8.2	10	8.6	DI>S, F	2	70	4.7	300
4	A	60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	3.0	40	950	0.2	2.5	7.8	11	8.5	DI>S, F	3	72	4.2	320
5	A	70	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	3.0	30	950	0.1	2.5	7.6	13	8.4	DI>S, F	2	65	4	310
6	A	85	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	15	950	0.1	5.0	7.4	12	8.8	DI>S, F	3	80	3.2	310
* 7	A	100	-	-	-	-	850	0.1	-	7.4	60	9.1	DI	20	70	1.7	170
* 8	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	2.0	35	950	0.3	0.6	8.7	56	8.8	DI	20	76	2	180
* 9	A	45	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0	20	55	950	10	2.0	9.0	70	8.6	DI>S, F	14	50	4.4	300
10	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	20	35	950	0.2	5.0	7.9	11	8.5	DI>S, F	2	50	5	330
11	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.5	12.0	35	950	0.2	8.5	7.8	9	8.7	DI>S, F	1	50	5.2	340
12	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.0	13.0	35	950	0.2	10.0	7.8	8	8.6	DI>S, F	1	45	5.3	350
13	A	63	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	5.0	35	950	0.2	5.0	7.8	12	8.5	DI>S, F	2	60	4.8	330
14	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.0	10.0	35	950	0.1	6.0	7.8	8	8.6	DI>S, F	1	45	5	350
15	A	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.0	10.0	35	950	0.2	10.0	7.9	7	8.5	DI>S, F	1	50	5.1	350

\*印は本発明の範囲外の試料を示す。

1) フィラー原料粉末の平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )、2) フィラー原料粉末の平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )

3) DI: デイオブサイト, Al: アルミナ, SP: スピネル, S: スチカイト, F: フォスファイト

【0076】

【表2】

試料 No.	組成 (重量%)					焼成温 度 (°C)	気孔 率 (%)	平均フィ ラー径 ( $\mu\text{m}$ )	誘電 率	誘電 損失 $\times 10^{-4}$	熱膨張係 数 (ppm /°C)	析出結晶 相 <sup>1)</sup>	ガラス相		熱伝導 率 (W/m·K)	磁器 強度 (MPa)
	ガラス 量	フィラー	一次 径 <sup>2)</sup>	二次 径 <sup>2)</sup>	量								含有量 (重量%)	SiO <sub>2</sub> (重量%)		
16	A	60	SiO <sub>2</sub>	5.0	7.5	40	950	0.1	5.0	5.8	18	DI	1	60	2	260
17	A	60	SiO <sub>2</sub>	7.5	10.0	40	950	0.1	7.5	5.7	17	DI	1	65	2.1	270
18	A	60	MgTiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	12	16	DI	2	65	2.7	250
19	A	60	(MgZn)TiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	950	0.2	5.0	11	16	DI	2	70	2.5	260
20	A	60	TiO <sub>2</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	15	27	DI	2	70	2.5	260
21	A	60	SrTiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	25	30	DI	2	65	2.6	250
22	A	60	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5.0	10.0	40	950	0.3	5.0	7.0	9	DI	1	65	3.4	250
23	A	60	ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	7.1	10	DI	1	65	3.5	300
24	A	60	コブシライト	5.0	10.0	40	950	0.3	5.0	6.2	7	DI	1	65	1.8	260
25	A	60	タリット	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	6.5	8	DI	1	65	2	260
26	A	60	エプスタイト	5.0	10.0	40	950	0.2	5.0	6.4	8	DI	1	60	2	270
27	A	60	タリット	5.0	10.0	40	950	0.3	5.0	7.1	9	DI	2	60	1.7	260
28	A	60	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	7.2	33	DI	2	60	1.8	260
29	A	60	SrAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	5.0	10.0	40	950	0.2	5.0	7.7	15	DI	2	60	1.8	260
30	A	60	(Sr, Ca)Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	5.0	10.0	40	950	0.1	5.0	7.8	13	DI	2	60	1.8	260
31	A	60	ナットライト	5.0	10.0	40	950	0.2	5.0	6.6	8	DI	1	70	2	260

1) フィラー原料粉末の平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )、2) フィラー原料粉末の平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )

3) DI: デイオブサイト, Al: アルミナ, SP: スピネル

【0077】

【表3】

試料 No.	組成 (重量%)					焼成温 度 (°C)	気孔 率 (%)	平均フィ ラー径 ( $\mu\text{m}$ )	誘電 率	誘電 損失 $\times 10^{-4}$	熱膨張係 数 (ppm /°C)	析出結晶 相 <sup>1)</sup>	ガラス相		熱伝導 率 (W/m·K)	磁器 強度 (MPa)
	ガラス 量	フィラー	一次 径 <sup>2)</sup>	二次 径 <sup>2)</sup>	量								含有量 (重量%)	SiO <sub>2</sub> (重量%)		
* 32	B	25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	75	950	0.2	5.0	6.0	77	DI	1	80	2.8	170
33	B	50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	50	1000	0.1	5.0	7.3	35	DI	2	80	5	300
34	B	55	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	40	950	0.2	5.0	7.4	17	DI	3	90	4.4	320
35	B	60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	30	875	0.1	5.0	7.5	13	DI	2	83	3.6	350
36	B	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	5.0	35	860	0.3	5.0	7.7	10	DI	5	80	3.8	350
37	B	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.0	10.0	35	875	0.2	6.0	7.9	8	DI	3	80	4.2	350
* 38	B	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	10.0	35	875	0.2	0.6	7.8	60	DI	30	55	1.8	200
39	B	60	SiO <sub>2</sub>	5.0	7.5	40	850	0.1	5.0	5.8	10	DI	1	60	2	255
40	B	60	MgTiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	850	0.1	5.0	13	13	DI	2	70	2.6	250
41	B	60	(MgZn)TiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	850	0.2	5.0	12	14	DI	2	80	2.6	255
42	B	60	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5.0	10.0	40	875	0.2	5.0	6.9	8	DI	1	66	3.9	255

\*印は本発明の範囲外の試料を示す。

1) フィラー原料粉末の平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )、2) フィラー原料粉末の平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )

3) DI: デイオブサイト

【0078】

【表4】

試料 No.	組成 (重量%)				焼成温 度 (°C)	気孔 率 (%)	平均フィ ラー径 ( $\mu\text{m}$ )	誘電率	誘電損失 $\times 10^{-4}$	熱膨張係 数 (ppm/ °C)	析出結晶相 <sup>3)</sup>	ガラス相		熱伝導率 (W/m·K)	磁器強度 (MPa)
	ガラス	量	フィラー	一次粒 径 <sup>1)</sup>	二次粒 径 <sup>2)</sup>							含有量 (重量%)	SiO <sub>2</sub> (重量%)		
* 43	C	25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	75	1000	15	5.0	5	SP	20	45	1.2	190*
44	C	50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	50	950	0.1	5.0	6.2	SP	20	50	2.6	300
45	C	80	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	40	875	0.1	5.0	5.9	SP	24	60	2.4	295
46	C	70	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	30	850	0.2	5.0	5.8	SP	30	47	2.1	290
* 47	C	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	10.0	35	950	10	0.6	5.3	SP	27	50	1.3	170
48	C	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	5.0	36	960	0.1	5.0	5.9	SP	28	45	1.8	290
49	C	65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	10.0	36	950	0.3	5.0	5.7	SP	25	50	2.2	300
50	C	60	SiO <sub>2</sub>	5.0	7.5	40	850	0.1	5.0	5.4	SP	18	60	1.6	260
51	C	60	MgTiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	950	0.3	5.0	11	SP	16	50	1.7	270
52	C	60	(MgZn)TiO <sub>3</sub>	5.0	10.0	40	850	0.1	5.0	10	SP	17	46	1.8	275
53	D	30	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	70	950	0.1	5.0	8.8	As	2	42	5	306
54	D	30	SiO <sub>2</sub>	5.0	7.5	70	850	0.3	5.0	4.8	As	2	40	2.5	260
* 55	E	50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	7.5	50	950	0.1	5.0	—	—	30	20	6.4	270

\*印は本発明の範囲外の試料を示す。

1) フィラー原料粉末の平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )、2) フィラー原料粉末の平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )

3) SP:スピネル、As:アモルファス

【0079】表1～4の結果から明らかなように、PbOの含有量がPbO換算で10重量%を超えるガラスEを用いた試料No. 55では、誘電損失が増大し、測定不能となった。

【0080】また、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびMgO、CaO、SrOのうちの1種以上を含みPbOの含有量が10重量%より少ないガラスA、B、Cの量が30重量%より少ない試料No. 1、32、43では、低温で焼結することが困難であり、緻密化せず、また、前記ガラスA、B、Cの量が99重量%より多く、フィラー量が1重量%より少ない試料No. 7では、ガラスの結晶化率が低下し、誘電損失が増大した。さらに、フィラーとして平均一次粒径が3 $\mu\text{m}$ より小さい粉末を用いた試料No. 8、9、38、47では、誘電損失が高くなった。

【0081】これに対して、本発明に従い、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびMgO、CaO、SrOのうちの1種以上を含み、PbOの含有量が10重量%より少ないガラスA、B、Cに対して、平均一次粒径が3 $\mu\text{m}$ 以上と大きい特定のフィラーを所定量添加し、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびMgO、CaO、SrOのうちの1種以上を含み、PbOの含有量が10重量%より少ない結晶マトリックス中に、平均粒子径2.5 $\mu\text{m}$ 以上の特定の結晶相を分散せしめた試料No. 2～6、10～31、33～37、39～42、44～46、48～54では、いずれも60GHzの測定周波数において誘電損失が $50 \times 10^{-4}$ 以下、熱膨張係数が5ppm/°C以上、磁器強度200MPa以上の優れた特性を有するものであった。

【0082】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明の高周波用磁器組成物によれば、1050°C以下の低温にて焼成できることから、銅などの低抵抗金属を主成分とする配線層を形成でき、しかも1GHz以上の高周波領域において、60～77GHzでの誘電損失が $50 \times 10^{-4}$ 以下

と誘電損失が低いことから、高周波信号を極めて良好に損失なく伝送することができる。

【0083】しかも、この組成物を用いて得られる磁器は、磁器強度が200MPa以上と高く、かつGaAsチップあるいはプリント基板と近似した熱膨張特性に制御できることから、GaAsチップを実装した場合、あるいは有機樹脂を含む絶縁基板を具備するプリント基板などのマザーボードに対してロウ材等により実装した場合において優れた耐熱サイクル性を有し、高信頼性の実装構造を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の高周波用磁器組成物におけるフィラーの粒子形状の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の高周波用磁器における組織状態の一例を示す模式図である。

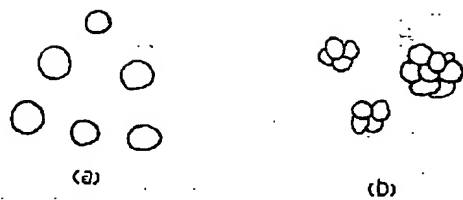
【図3】本発明の高周波用磁器組成物におけるフィラーの二次粒子径の分布を示す一例である。

【図4】本発明の組成物を焼成した磁器を用いた高周波用配線基板の一例である半導体素子収納用パッケージの実装構造の一例を説明するための概略断面図である。

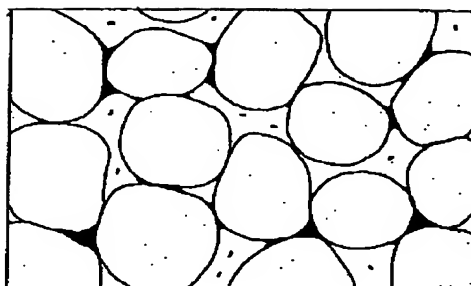
【符号の説明】

- A 半導体素子収納用パッケージ
- B 外部回路基板
- 1 絶縁基板
- 2 蓋体
- 3 キャビティ
- 4 チップ部品
- 5 配線層
- 6 接続用電極層
- 7 ロウ材
- 8 ボール状端子
- 9 絶縁基板
- 10 配線導体
- 11 ロウ材

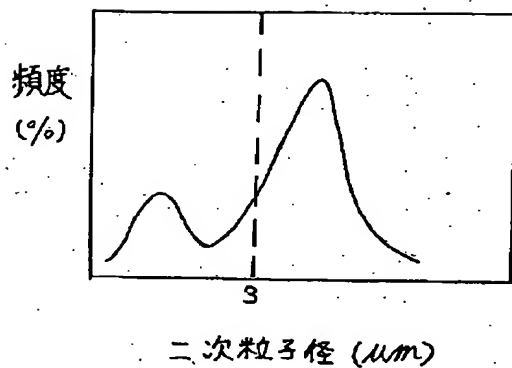
【図1】



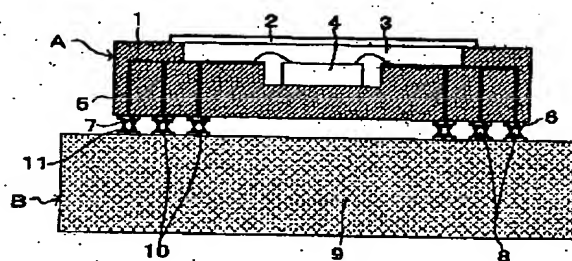
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テームト (参考)

C 0 4 B 35/44

H 0 5 K 1/03

6 1 0 D

35/46

6 1 0 R

H 0 1 B 3/02

C 0 4 B 35/00

J

H 0 1 L 23/02

35/10

D

23/08

35/16

A

23/15

Z

H 0 5 K 1/03

6 1 0

35/18

B

Z

H 0 1 L 23/14

C

F ターム(参考) 4G030 AA02 AA03 AA07 AA08 AA09  
AA16 AA32 AA36 AA37 AA40  
BA12 CA01 CA04  
4G031 AA03 AA05 AA26 AA29 AA30  
AA32 BA12 CA01 CA04  
5G303 AA05 AB07 AB12 AB15 AB17  
AB20 BA12 CA03 CB01 CB03  
CB06 CB17 CB25 CB30 CB32  
CB35 CB38 DA05